



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

EPO - DG 1

21. 08. 2000

(41)

Bescheinigung

Certificate

Attestation

REC'D 11 SEP 2000

WIPO

PCT

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

EP 00/06817

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

99202417.4

4

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldung Nr.:
Application no.: 99202417.4
Demande n°:

Anmeldetag:
Date of filing: 22/07/99
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven
NETHERLANDS

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:
NO TITLE

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

See for original title of the application
page 1 of the description

Werkwijze voor het vervaardigen van een magnetische tunnel junctie structuur.

EPO - DG 1

22. 07. 1999

(70)

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het vervaardigen van een magnetische tunnel junctie structuur (device), waarbij een stapeling omvattende twee electrode lagen, omvattende een magnetisch materiaal, en een zich daartussen uitstrekkende barrière laag, omvattende een niet-magnetisch materiaal, wordt gevormd.

5 De uitvinding heeft voorts betrekking op een magnetische tunnel junctie structuur vervaardigd volgens een dergelijke werkwijze en op een magneetveldsensor voorzien van een dergelijke structuur en op een magnetisch geheugen voorzien van een dergelijke structuur.

10

Een structuur zoals hierboven omschreven is geopenbaard in de PCT octrooiaanvraag WO-A 99/22368 (PHN 16.599). De uit de genoemde octrooiaanvraag bekende magnetische tunnel junctie structuur omvat een eerste en een tweede magnetische laag, welke lagen gesandwiched zijn ten opzichte van een elektrisch isolerende tussenlaag en als electrode lagen dienen. Deze structuur maakt als overdrachtselement deel uit van een van 15 een magnetisch juk voorziene magneetveld sensor, waarbij de eerste magnetische laag in direct contact is met een deel van het juk. De eerste magnetische laag is, evenals het juk, gevormd uit een zacht-magnetisch materiaal. De tweede magnetische laag is een samengestelde laag en omvat een ferromagnetische sublaag en een pinning structuur. De 20 isolerende tussenlaag vormt een tunnelbarrière.

In de bekende magnetische tunnel junctie structuur dient derhalve een van de magnetische lagen, te weten de zacht-magnetische laag, tevens als fluxgeleider. Ter voorkoming van nadelige effecten, zoals domeinwandvorming als gevolg van onregelmatigheden in het naar de tunnelbarrière toegekeerde oppervlak van de zacht- 25 magnetische laag, op de magnetische eigenschappen van deze laag is het gewenst, dat alleen de andere magnetische laag, dat wil zeggen de tweede magnetische laag, en eventueel de barrièrevormende tussenlaag, wordt, respectievelijk worden, gestructureerd.

De uitvinding beoogt een werkwijze van de in de aanhef omschreven soort te verschaffen, die een proces ter structurering van een van de electrode lagen omvat dat met zekerheid stopt vóórdat de andere electrode laag wordt bereikt.

- Ter bereiking van de omschreven doelstelling heeft de werkwijze volgens de uitvinding het kenmerk, dat een van de electrode lagen door etsen wordt gestructureerd, waarbij gedurende het etsen een deel van de desbetreffende laag door materiaalverwijdering dunner wordt gemaakt totdat een restlaag over blijft, waarna deze restlaag door fysisch etsen wordt verwijderd, waarbij althans in hoofdzaak deeltjes met een bewegingsenergie liggende tussen de sputterdrempel van het magnetische materiaal van de restlaag en de sputterdrempel van het niet-magnetische materiaal van de barrièrelaag. Onder fysisch etsen wordt etsen met behulp van een bundel elektrisch geladen deeltjes verstaan, zoals sputteretsen, ion milling en ion beam etching. Zoals bekend verondersteld, is de sputterdrempel de minimale energie die nodig is om een deeltje los te maken uit het materiaal van de laag welke aan een etsproces is onderworpen.
- 15 Bij de werkwijze volgens de uitvinding wordt tijdens een eerste fase van etsen, waarbij op een op zich bekende wijze gebruik gemaakt kan worden van een masker, van de te structureren electrode laag, welke een zacht-magnetische laag is of kan omvatten, de andere electrode laag met zekerheid niet bereikt, aangezien de te structureren electrode laag niet geheel wordt weggeëtsd. Het etsen tijdens de eerste fase kan chemisch of fysisch etsen zijn.
- 20 Door bijvoorbeeld het uitvoeren van weerstandsmetingen kan het bereiken van de restlaag worden bepaald. Bij voorkeur wordt gestreefd naar een restlaag met een dikte van maximaal 5 nm. Tijdens een tweede fase van etsen wordt de restlaag met behulp van fysisch etsen verwijderd zonder dat de andere electrode laag wordt aangetast. Dit verrassend effect wordt bereikt, doordat de bij het fysisch etsen toegepaste deeltjes een bewegingsenergie hebben die
- 25 lager is dan de sputterdrempel van de barrière laag en derhalve niet door de barrière laag heen kunnen dringen. Het toegepaste fysisch etsproces is derhalve een selectief etsproces. De hierboven aangeduide werkwijzestappen veroorzaken geen nadelige effecten op de niet-gestructureerde electrode laag; in het bijzonder vindt geen nadelige beïnvloeding plaats van de magnetische eigenschappen van deze electrode laag. Indien de laatstgenoemde laag uit of
- 30 mede uit een zacht-magnetisch materiaal is gevormd, is deze laag bijzonder geschikt om als fluxgeleidende laag toegepast te worden.

Een uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat als deeltjes, deeltjes met een massa welke zwaarder is dan de massa van een metallisch element van het magnetische materiaal van de restlaag worden toegepast. Hierbij

wordt ervan uitgegaan dat de massa van de elementen van het niet-magnetisch materiaal, meestal een oxide of een nitride, van de barrière laag lichter is dan de massa van het genoemde metallische element. De hier genoemde maatregel levert een positieve bijdrage aan de selectiviteit van de werkwijze, waarbij de selectiviteit in etsen van het magnetische materiaal ten opzichte van het niet-magnetische materiaal hoger is naarmate de massa van de geladen deeltjes zwaarder is.

Een uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de te structureren electrode laag wordt opgebouwd uit achtereenvolgens een basislaag en een laagstructuur omvattende ten minste een verdere laag voor het magnetische pinnen van de basislaag. De basislaag kan een ferromagnetische laag zijn, bij voorbeeld van een Ni-Fe legering of een Co legering, in het bijzonder een Co-Fe legering, terwijl de pinnende laagstructuur een van de volgende mogelijkheden kan omvatten: een anti-ferromagnetische laag van bij voorbeeld een Fe-Mn legering of een Ir-Mn legering; een hardmagnetische ferromagnetische laag van bij voorbeeld een Co legering; een kunstmatige anti-ferromagnetische structuur omvattende twee anti-parallele magnetische lagen welke door een metallische tussenlaag van elkaar zijn gescheiden. Een dergelijke structuur kan eventueel zijn gekoppeld aan een anti-ferromagnetische laag van bijvoorbeeld een Fe-Mn legering. Indien een dergelijke te structureren electrode laag is gevormd, heeft het de voorkeur om in eerste instantie, dat wil zeggen, voordat de basislaag wordt gestructureerd, de laagstructuur selectief, in het bijzonder selectief chemisch, te etsen totdat de basislaag wordt bereikt. Door deels gebruik te maken van het genoemde selectief chemisch etsen kan het structureren volgens de werkwijze volgens de uitvinding in een kortere tijd uitgevoerd worden. Selectief chemisch etsen is op zich een bekende etstechniek.

Opgemerkt wordt, dat de werkwijze volgens de uitvinding een werkwijze voor het structureren van een magnetische elektrode laag van een halffabrikaat van een magnetische tunnel junctie structuur impliceert, waarbij het halffabrikaat een samenstel van de genoemde elektrodelaag, een barrièrelaag en een verdere magnetische elektrode laag omvat. Bij de laatstgenoemde werkwijze beïnvloedt de structurering van de desbetreffende laag de magnetische eigenschappen van de andere magnetische elektrode laag van de magnetische tunnel junctie structuur niet, althans niet in nadelige zin. Het bijzondere van deze werkwijze is, dat niet door de barrièrelaag heen wordt geëtsd. Hierdoor is gegarandeerd, dat ondanks laagdiktevariaties en variaties in het uitvoeren van etsmethoden, de niet te structureren magnetische elektrode laag niet wordt ingeëtsd. De barrièrelaag, welke een elektrisch

isolerende, een elektrisch-slecht geleidende of een diëlektrische laag is, heeft doorgaans slechts een dikte van ongeveer 1 nm.

De magnetische tunnel junctie structuur volgens de uitvinding, welke is vervaardigd volgens de werkwijze volgens de uitvinding, heeft een met behulp van
5 laatstgenoemde werkwijze gestructureerde magnetische electrode laag en een andere magnetische electrode laag, welke een zacht-magnetische laag kan zijn of omvatten, welke laag bruikbaar is als fluxgeleider. Een dergelijke zacht-magnetische laag kan bij voorbeeld uit een Ni-Fe legering of een Co legering, zoals een Co-Fe legering, zijn gevormd. De zacht-magnetische laag kan ook uit een aantal sublagen zijn opgebouwd.

10 De magneetveldsensor volgens de uitvinding is voorzien van de magnetische tunnel junctie structuur volgens de uitvinding. De magnetische tunnel junctie structuur vormt een of het overdrachtselement van de magneetveldsensor volgens de uitvinding. Deze sensor kan onder andere worden toegepast als magneetkop voor het decoderen van van een magnetisch informatiemedium, zoals een magneetband of magneetschijf, afkomstige
15 magnetische flux, als sensor in een kompas voor het detecteren van het aardmagnetisch veld; als sensor voor het detecteren van bijvoorbeeld een positie, een hoek of een snelheid, bij voorbeeld in een automotieve toepassing; als veldsensor in medische scanners; en als stroomdetector. Ook het magnetisch geheugen, in het bijzonder een MRAM, volgens de uitvinding is voorzien van de magnetische tunnel junctie structuur volgens de uitvinding.
20 Met betrekking tot de conclusies wordt opgemerkt, dat diverse combinaties van in de volgconclusies genoemde uitvoeringen mogelijk zijn.

De uitvinding zal, bij wijze van voorbeeld, mede worden toegelicht aan de hand
25 van de tekening, waarin

Figuur 1A schematische een eerste tussenproduct verkregen bij uitvoering van een uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding toont;

Figuur 1B schematisch een tweede tussenproduct verkregen bij uitvoering van de genoemde uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding toont;

30 Figuur 1C schematisch een derde tussenproduct verkregen bij uitvoering van de uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding toont,

Figuur 1D schematisch een vierde tussenproduct volgens de uitvinding toont,

Figuur 1E schematisch een uitvoeringsvorm van de magnetische tunnel junctie structuur volgens de uitvinding en vervaardigd volgens de beschreven uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding toont en

5 Figuur 2 een uitvoeringsvorm van de magneetveldsensor volgens de uitvinding toont.

In Figuur 1A is een stapeling 1 van lagen getoond, welke in dit voorbeeld een eerste magnetische electrode laag 3 van een zacht-magnetisch materiaal, zoals een Ni-Fe
10 legering, een isolerende, slecht-geleidende of diëlektrische laag 5, in dit document ook wel barrièrelaag genoemd, van in dit voorbeeld Al_2O_3 , een tweede magnetische electrode laag 7, in dit voorbeeld opgebouwd uit een basislaag 7a van een zacht-magnetisch materiaal, in dit voorbeeld een Ni-Fe legering, en een ten minste een verdere laag van een anti-ferromagnetisch materiaal, zoals een Fe-Mn legering omvattende laagstructuur 7b. Als een alternatief voor de
15 de basislaag 7a en de laagstructuur 7b omvattende lagenstructuur kan een hard-magnetische laag als tweede magnetische laag worden toegepast. De barrièrelaag 5 heeft in dit voorbeeld een dikte van 1 nm.

Op de getoonde stapeling 1 wordt tijdens het uitvoeren van de werkwijze volgens de uitvinding een afscherm laag 9 van bij voorbeeld een fotoresist aangebracht; zie
20 Figuur 1B. Vervolgens worden etsprocessen toegepast, waarbij allereerst de laagstructuur 7b selectief wordt geëtsd, in het bijzonder chemisch geëtsd, totdat de basislaag 7a wordt bereikt; zie Figuur 1C. Daarna wordt de basislaag 7a geëtsd, in het bijzonder fysisch geëtsd, totdat een restlaag 7r van zacht-magnetisch materiaal over blijft; zie Figuur 1D. Als alternatief door het toepassen van twee etsprocessen kan volstaan worden met het toepassen van alleen fysisch
25 etsen. Fysisch etsen, zoals sputteretsen, wordt bij voorkeur ook toegepast, indien de tweede electrode laag 7 een hard-magnetische laag is. Tijdens het fysisch etsen worden continu of van tijd tot tijd, eventueel tijdens een korte onderbreking van het etsproces, weerstandmetingen uitgevoerd teneinde vast te stellen wanneer de gewenste restlaag 7r is bereikt.

De op een van de boven aangeduide wijzen verkregen restlaag 7r heeft bij
30 voorkeur een dikte van maximaal 5 nm. De restlaag 7r wordt tijdens het uitvoeren van de werkwijze volgens de uitvinding verwijderd door fysisch etsen, in dit voorbeeld sputteretsen, waarbij de restlaag 7r met geladen deeltjes, in het bijzonder ionen, met een bewegingsenergie liggende tussen de sputterdrempel van de toegepaste Ni-Fe dikte legering en de sputterdrempel van Al_2O_3 . De sputterdrempel van de Ni-Fe legering is ongeveer 20 eV; de sputterdrempel van

Al_2O_3 is ongeveer 40 eV. In dit voorbeeld wordt de restlaag 7r bij voorkeur gebombardeerd met Kr- of Xe-ionen, welke ionen een massa hebben die zwaarder is dan de massa van de metalen Ni en Fe, welke massa op haar beurt zwaarder is dan de massa van Al en O. Na verwijdering van de restlaag 7r kan door depositie van een isolerend materiaal, zoals SiO_2 of Al_2O_3 , een bescherm laag 11 worden gevormd. De afscherm laag 9 kan worden verwijderd.

De in Figuur 2 getoonde magneetveldsensor volgens de uitvinding omvat een magnetische tunnel junctie structuur 20 van het type zoals is getoond in Figuur 1E. De sensor omvat in dit voorbeeld voorts een magnetisch juk 22 dat is voorzien van een onderbreking 22a, welke wordt overbrugd en in magnetische verbinding staat met de tunnel junctie structuur 20. Het magnetische juk 22 is gevormd uit een zacht-magnetisch materiaal, zoals een NiFe legering. De sensor is voorzien van een sensorvlak 24, waaraan een niet-magnetische overdrachtsspleet 26 grenst. De onderbreking 22a en de spleet 26 zijn gevormd door isolerende lagen van bij voorbeeld SiO_2 of Al_2O_3 .

Opgemerkt wordt, dat de uitvinding niet beperkt is tot de getoonde uitvoeringsvormen. Zo zijn binnen het kader van de uitvinding varianten van de diverse stappen van de werkwijze mogelijk. Voorts kan de getoonde sensor als magneetkop uitgevoerd zijn voor het aftasten van een magnetisch registratiemedium. Een dergelijke uitvoering kan deel uitmaken van een gecombineerde lees/schrijfkop. De volgens de werkwijze volgens de uitvinding verkregen magnetische tunnel junctie structuur kan ook deel uitmaken van een magnetisch geheugen.

CONCLUSIES:

EPO - DG 1

22. 07. 1999

(70)

1. Werkwijze voor het vervaardigen van een magnetische tunnel junctie structuur, waarbij een stapeling omvattende twee electrode lagen, omvattende een magnetisch materiaal, en een zich daartussen uitstrekkende barrière laag, omvattende een niet-magnetisch materiaal, wordt gevormd, met het kenmerk dat een van de elektrode lagen door etsen wordt gestructureerd, waarbij gedurende het etsen een deel van de desbetreffende laag door materiaalverwijdering dunner wordt gemaakt totdat een restlaag over blijft, waarna deze restlaag door fysisch etsen wordt verwijderd, waarbij althans in hoofdzaak deeltjes met een bewegingsenergie liggende tussen de sputterdrempel van het magnetische materiaal van de restlaag en de sputterdrempel van het niet-magnetische materiaal van de barrièrelaag.

10

2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk dat als deeltjes, deeltjes met een massa welke zwaarder is dan de massa van een metallisch element van het magnetische materiaal van de restlaag worden toegepast.

15

3. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk dat de electrode laag welke wordt gestructureerd, wordt opgebouwd uit achtereenvolgens een basislaag en een laagstructuur omvattende tenminste een verdere laag voor het magnetisch pinnen van de basislaag.

20

4. Werkwijze volgens conclusie 3, met het kenmerk dat alvorens de basislaag wordt gestructureerd, de laagstructuur chemisch wordt geëtsd totdat de basislaag wordt bereikt.

5. Magnetische tunnel junctie structuur vervaardigd volgens de werkwijze volgens een van de voorgaande conclusies

25

6. Magnetische tunnel junctie structuur vervaardigd volgens conclusie 5, waarbij de andere dan de gestructureerde electrode laag een zacht-magnetische laag omvat, welke als fluxgeleider bruikbaar is.

7. Magneetveld sensor voorzien van de magnetische tunnel junctie structuur volgens conclusie 5.
8. Magneetveld sensor voorzien van de magnetische tunnel junctie structuur
- 5 volgens conclusie 6 en voorzien van een magnetisch juk dat in magnetisch contact is met de zacht-magnetische laag van de magnetische tunnel junctie structuur.
-

9. Magnetisch geheugen voorzien van de magnetische tunnel junctie structuur volgens conclusie 5.

UITTREKSEL:

22 07. 1999

(70)

Werkwijze voor het vervaardigen van een magnetische tunnel junctie structuur, waarbij een stapeling (1) omvattende twee electrode lagen (3, 7) en een zich daartussen uitstrekkende barrière laag (5) wordt gevormd. Een van de electrode lagen wordt door etsen gestructureerd, waarbij gedurende het etsen een deel van deze laag door materiaalverwijdering
5 dunner wordt gemaakt totdat een restlaag (7r) overblijft. Deze restlaag wordt vervolgens door fysisch etsen verwijderd, waarbij althans in hoofdzaak geladen deeltjes met een bewegingsenergie liggende tussen de sputterdrempel van het magnetische materiaal van de restlaag en de sputterdrempel van het niet-magnetisch materiaal van de barrière laag. Bij de onderhavige werkwijze wordt voorkomen dat de niet te structureren electrode laag nadelig
10 wordt beïnvloed bij het structureren van de andere electrode laag.

Fig. 1E

1/2

EPO - DG 1

22. 07. 1999

(70)

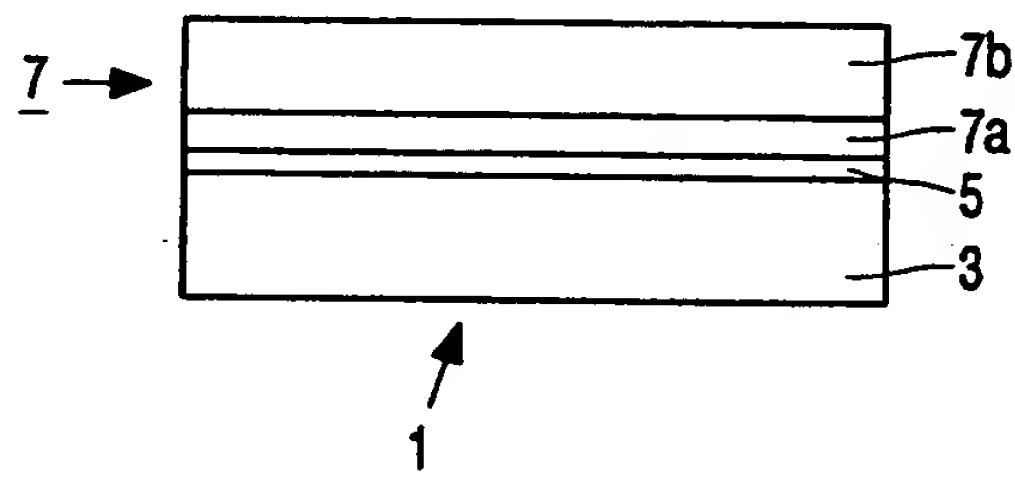


FIG. 1A

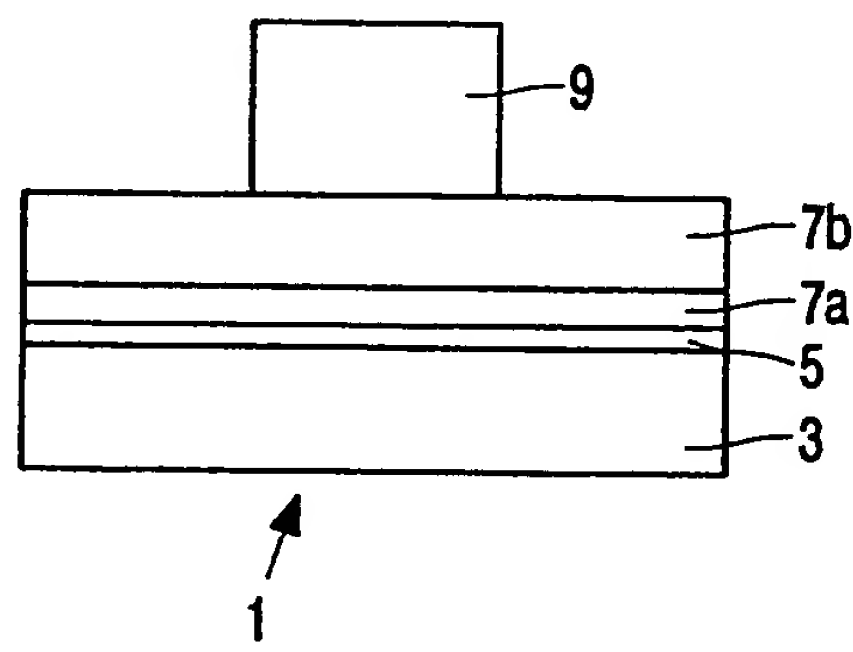


FIG. 1B

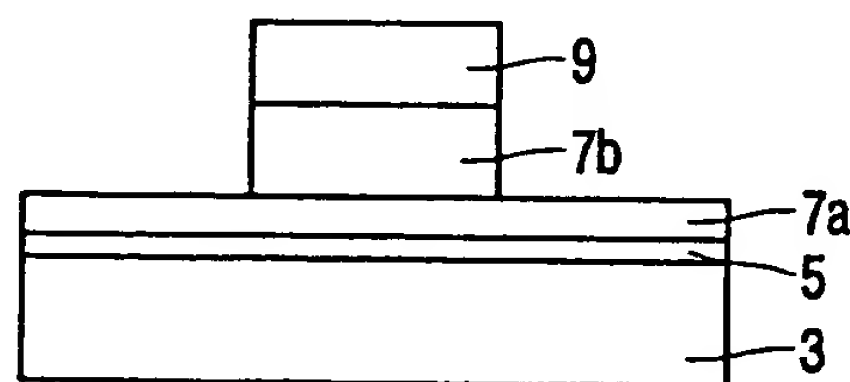


FIG. 1C

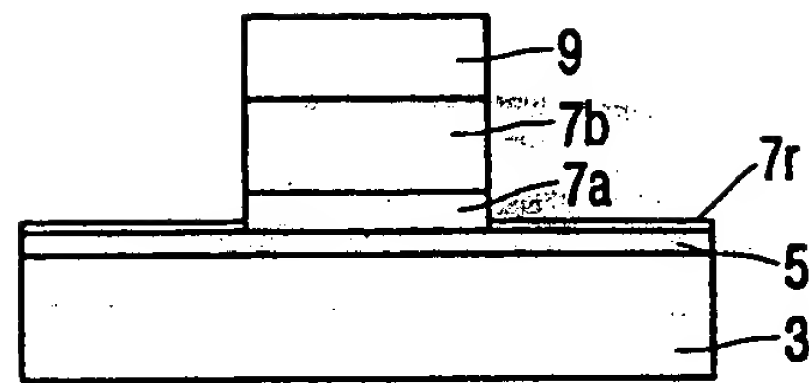


FIG. 1D

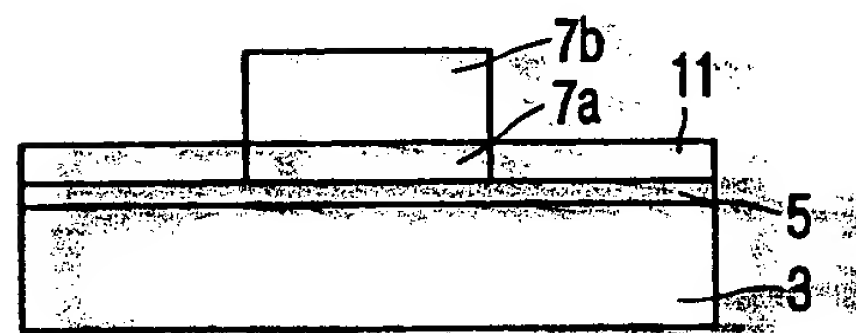


FIG. 1E

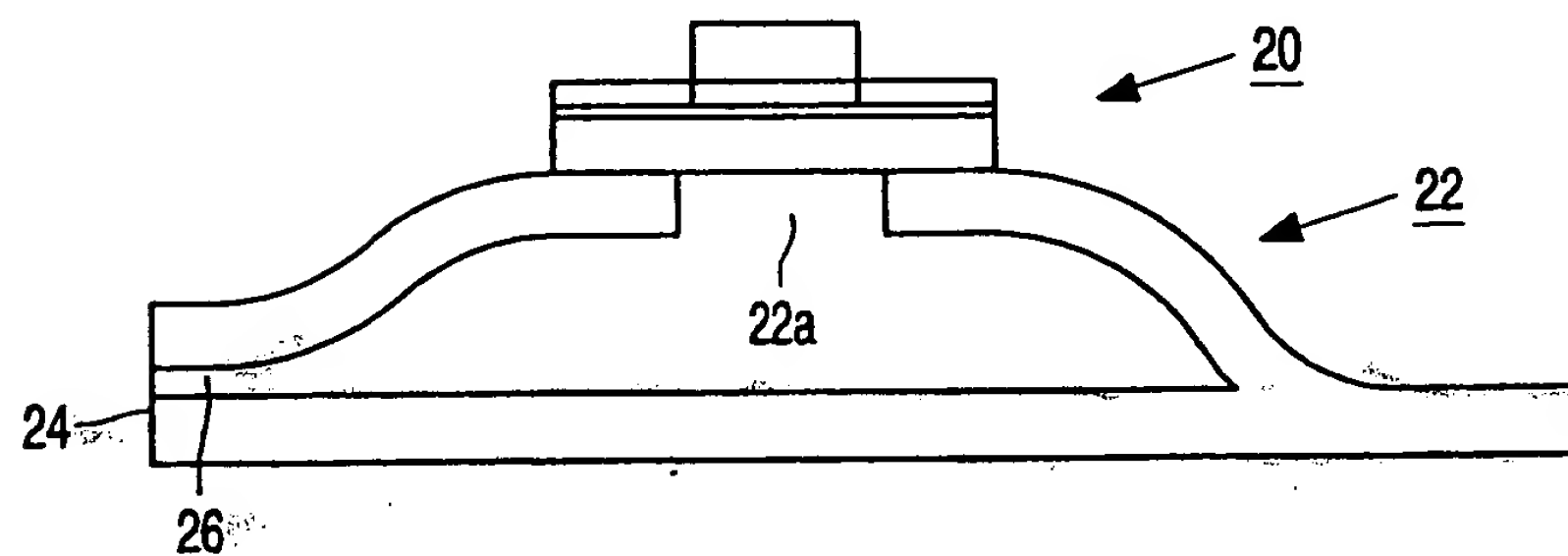


FIG. 2